

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Kenji INAGE, et al.

GAU:

SERIAL NO: New Application

EXAMINER:

FILED: Herewith

FOR: THIN-FILM MAGNETIC HEAD WITH TUNNEL MAGNETORESISTIVE EFFECT ELEMENT

REQUEST FOR PRIORITY

COMMISSIONER FOR PATENTS  
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e): Application No. Date Filed
- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

COUNTRY

Japan

APPLICATION NUMBER

2003-022003

MONTH/DAY/YEAR

January 30, 2003

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number  
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
- ☐ (B) Application Serial No.(s)  
☐ are submitted herewith  
☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.

  
Marvin J. Spivak

Registration No. 24,913

Customer Number

22850

Tel. (703) 413-3000  
Fax. (703) 413-2220  
(OSMMN 05/03)

C. Irvin McClelland  
Registration Number 21,124

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2 0 0 3 年 1 月 3 0 日

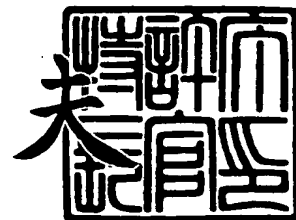
出 願 番 号  
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 0 2 2 0 0 3  
[ST. 10/C]: [ J P 2 0 0 3 - 0 2 2 0 0 3 ]

出 願 人  
Applicant(s): T D K 株式会社

2 0 0 3 年 1 1 月 7 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 9 2 2 8 0

【書類名】 特許願

【整理番号】 04447

【提出日】 平成15年 1月30日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 5/39

【発明者】

【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号ティーディーケー  
株式会社内

【氏名】 稲毛 健治

【発明者】

【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号ティーディーケー  
株式会社内

【氏名】 猿木 俊司

【発明者】

【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号ティーディーケー  
株式会社内

【氏名】 蜂須賀 望

【特許出願人】

【識別番号】 000003067

【氏名又は名称】 ティーディーケー株式会社

【代理人】

【識別番号】 100074930

【弁理士】

【氏名又は名称】 山本 恵一

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 001742

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】	図面	1
【物件名】	要約書	1
【プルーフの要否】	要	

【書類名】 明細書

【発明の名称】 トンネル磁気抵抗効果素子を備えた薄膜磁気ヘッド

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 トンネル磁気抵抗効果素子と、該トンネル磁気抵抗効果素子に並列接続された抵抗体とを備えた薄膜磁気ヘッドであって、前記トンネル磁気抵抗効果素子の抵抗値  $R_{TMR}$  が  $R_{TMR} \geq 240 \Omega$  であり、該トンネル磁気抵抗効果素子の抵抗値と断面積との積  $RA$  が  $RA \geq 3 \Omega \cdot \mu m^2$  であり、前記抵抗体の抵抗値  $R_{PARA}$  が  $R_{PARA} \leq 480 \Omega$  であることを特徴とするトンネル磁気抵抗効果素子を備えた薄膜磁気ヘッド。

【請求項 2】 トンネル磁気抵抗効果素子と、該トンネル磁気抵抗効果素子に並列接続された抵抗体とを備えた薄膜磁気ヘッドであって、前記トンネル磁気抵抗効果素子の抵抗値  $R_{TMR}$  が  $R_{TMR} \geq 240 \Omega$  であり、該トンネル磁気抵抗効果素子の抵抗値と断面積との積  $RA$  が  $RA \geq 3 \Omega \cdot \mu m^2$  であり、該トンネル磁気抵抗効果素子の抵抗値と前記抵抗体の抵抗値との合成抵抗値  $R_{TOTAL}$  が  $R_{TOTAL} \leq 160 \Omega$  であることを特徴とするトンネル磁気抵抗効果素子を備えた薄膜磁気ヘッド。

【請求項 3】 前記抵抗体が、前記トンネル磁気抵抗効果素子の上部電極膜及び下部電極膜間に形成されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 4】 前記抵抗体が、前記トンネル磁気抵抗効果素子と端子電極とを接続するリード導体間に形成されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、トンネル磁気抵抗効果 (TMR) 素子を備えた薄膜磁気ヘッドに関する。

【0002】

【従来の技術】

ハードディスクドライブ（HDD）の面記録密度の向上に伴って、薄膜磁気ヘッドの性能向上が求められている。この要求に対応するため、読出しヘッド素子に磁気抵抗効果（MR）ヘッド素子を用いたMRヘッドや巨大磁気抵抗効果（GMR）ヘッド素子を用いたGMRヘッドが広く用いられている。

#### 【0003】

このようなMRヘッドやGMRヘッドは、ヘッド素子の寸法が小さくしかもこれに接続されるパッドの寸法が大きいため、製造工程中に帯びた静電気が放電しその電荷がヘッド素子を通過することによって、ヘッド素子の劣化や破壊の発生する恐れがある。

#### 【0004】

これを防止するため、特許文献1では、MR素子やGMR素子の一方のリード又はパッドと他方のリード又はパッドとの間に、ヘッド素子と並列に接続された $500\Omega$ 以上 $10k\Omega$ 以下の抵抗体を設け、この抵抗体を介して、静電電荷を一方のパッドから他方のパッドに流すことにより、ヘッド素子の静電破壊を防いでいる。

#### 【0005】

##### 【特許文献1】

特開平10-233011号公報

#### 【0006】

##### 【発明が解決しようとする課題】

近年、GMRヘッドの2倍以上の抵抗変化率が期待できるトンネル磁気抵抗効果（TMR）ヘッド素子を有するTMRヘッドの開発が積極的に行われている。TMRヘッドは、そのTMR素子が絶縁性のバリア膜を有しかつ積層方向にセンス電流を流すように構成しているなど、MRヘッドやGMRヘッドとは、構造が根本的に異なっており、従ってその特性もかなり異なっている。例えば、TMRヘッドは、MRヘッドやGMRヘッドの素子抵抗値が $10\sim 50\Omega$ 程度であるのに対して、1桁大きい高い素子抵抗値を有している。

#### 【0007】

最近のヘッドは、より高い記録密度への要求に対応するためにトラック幅及び

ハイト量がますます小さくなってきており、これに伴ってTMR素子の素子抵抗はさらに高くなってきている。素子抵抗が高くなると、カットオフ周波数が低くなってしまい高記録密度化が行えなくなってしまう。

#### 【0008】

また、現行サイズの素子（素子幅及び素子高さ）でGMR素子とTMR素子との耐電圧を比較すると、TMR素子の方が耐電圧の低いことが分かっており、素子破壊に対する不安が高まることのみならず、素子抵抗上昇及び耐電圧低下から許容電流値が小さくなって使用マージンが小さくなってしまう。さらに、素子寸法が小さくなると、同じ加工精度であっても抵抗値ばらつきが生じ易くなる傾向があり、このばらつきがTMRヘッドの製造上の大きな問題点となっている。

#### 【0009】

このようなTMRヘッドにおいては、特許文献1のように $500\Omega \sim 10k\Omega$ の抵抗体をTMR素子に並列接続したとしても、また、これより1桁大きい抵抗値を有する抵抗体をTMR素子に並列接続したとしても、静電破壊を確実に防止することは期待できない。また、並列接続した抵抗体の抵抗値が特許文献1のような高い抵抗値である場合、TMR素子の抵抗値と並列接続した抵抗体との合成抵抗値 $R_{TOTAL}$ が高くなってしまい、カットオフ周波数を高めることができない。

#### 【0010】

従って本発明の目的は、TMR素子の静電破壊を防止できかつカットオフ周波数を高めることができる薄膜磁気ヘッドを提供することにある。

#### 【0011】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明によれば、TMR素子と、このTMR素子に並列接続された抵抗体とを備えた薄膜磁気ヘッドであって、TMR素子の抵抗値 $R_{TMR}$ が $R_{TMR} \geq 240\Omega$ であり、TMR素子の抵抗値と断面積との積 $RA$ が $RA \geq 3\Omega \cdot \mu m^2$ であり、抵抗体の抵抗値 $R_{PARA}$ が $R_{PARA} \leq 480\Omega$ であるTMR素子を備えた薄膜磁気ヘッドが提供される。

#### 【0012】

さらに本発明によれば、TMR素子と、TMR素子に並列接続された抵抗体とを備えた薄膜磁気ヘッドであって、TMR素子の抵抗値 $R_{TMR}$ が $R_{TMR} \geq 240 \Omega$ であり、TMR素子の抵抗値と断面積との積 $RA$ が $RA \geq 3 \Omega \cdot \mu m^2$ であり、TMR素子の抵抗値と抵抗体の抵抗値との合成抵抗値 $R_{TOTAL}$ が $R_{TOTAL} \leq 160 \Omega$ であるTMR素子を備えた薄膜磁気ヘッドが提供される。

#### 【0013】

TMRヘッドの使用環境を考慮して製品の信頼性を確保するために、その素子破壊電圧は300mV以上必要であるが、 $RA \geq 3 \Omega \cdot \mu m^2$ とすることにより、この要求を満足させることができる。また、 $R_{TOTAL} \leq 160 \Omega$ とすることにより、1GHz以上のカットオフ周波数を得ることができる。高記録密度対応のTMR素子の光学トラック幅 $W_{TMR}$ が $W_{TMR} = 0.11 \mu m$ 以下であり、素子高さ $W_H$ が $W_H = 0.11 \mu m$ 以下であるため、 $RA \geq 3 \Omega \cdot \mu m^2$ の場合、TMR素子の抵抗値は $R_{TMR} \geq 240 \Omega$ となる。この場合、抵抗体の抵抗値 $R_{PARA}$ は $R_{PARA} \leq 480 \Omega$ となる。この条件で並列の抵抗体を設けることにより、TMR素子の静電破壊を防止できかつカットオフ周波数を高めるという互いに相反する要求を満足させることができる。

#### 【0014】

抵抗体が、TMR素子の上部電極膜及び下部電極膜間に形成されているか、又はTMR素子と端子電極とを接続するリード導体間に形成されていることが好ましい。

#### 【0015】

##### 【発明の実施の形態】

図1は本発明の一実施形態におけるTMR素子部分の構成を概略的に示す斜視図であり、図2はそのTMR素子の膜構成の一例を示す断面図である。

#### 【0016】

図1において、10は下部電極膜、11は上部電極膜、12は下部電極膜10及び上部電極膜11に挟まれて積層されたTMR多層膜、13は下部電極膜10及び上部電極膜11間にTMR多層膜12と並列に接続された抵抗体をそれぞれ示している。



## 【0017】

TMR多層膜12についてその膜構成を詳細に説明すると、図2に示すように、絶縁膜14上に磁気シールド膜を兼用する下部電極膜10が積層されており、その上に、下地層12aと、ピン層12bと、ピンド層12cと、トンネルバリア層12dと、フリー層12eとが順次積層されてなるTMR多層膜12が形成されており、その上に、キャップ体15と磁気シールド膜を兼用する上部電極膜11とが積層されている。絶縁膜16は、TMR多層膜12及びキャップ体15の周囲を取り囲むように形成されている。

## 【0018】

このようなTMR多層膜12を含むTMR素子の抵抗値 $R_{TMR}$ は $R_{TMR} \geq 240 \Omega$ であり、このTMR素子の抵抗値 $R_{TMR}$ とTMR素子の断面積との積 $RA$ は $RA \geq 3 \Omega \cdot \mu m^2$ であり、TMR素子の抵抗値 $R_{TMR}$ と抵抗体13の抵抗値 $R_{PARA}$ との合成抵抗値 $R_{TOTAL}$ は $R_{TOTAL} \leq 160 \Omega$ である。抵抗体13の抵抗値 $R_{PARA}$ は $R_{PARA} \leq 480 \Omega$ である。

## 【0019】

以下、これら数値の根拠について説明する。

## 【0020】

図3は、TMR素子の抵抗値 $R_{TMR}$ とTMR素子の断面積との積 $RA$ に対するTMR素子の破壊電圧の関係を示している。

## 【0021】

TMR素子においては、そのトンネルバリア層12dの特性から、 $RA$ が増大するにつれて素子破壊電圧が高くなる。従って、信頼性の観点から $RA$ は高い方が好ましい。

## 【0022】

素子破壊電圧は、具体的には、 $RA = 3 \Omega \cdot \mu m^2$ において320mVとなり、従って、 $RA \geq 3 \Omega \cdot \mu m^2$ とすれば、300mV以上の素子破壊電圧というその使用環境からの要求を充分満足させることができる。

## 【0023】

図4は、TMRヘッドの抵抗値に対するそのカットオフ周波数の関係を示して

いる。ただし、TMRヘッドの電気容量を  $1\text{ pF}$  とした場合の特性である。

#### 【0024】

カットオフ周波数は、この場合、出力に対する利得がこの周波数になると減少しそれ以上の周波数では帯域制限を受けてヘッド特性に悪影響を及ぼす周波数を意味している。周知のごとく、カットオフ周波数  $f_{\text{cut}}$  は、 $f_{\text{cut}} = 1 / (2\pi RC)$  で表される。ここで、 $R$  は TMRヘッドの抵抗値、 $C$  は TMRヘッドの電気容量値を示している。

#### 【0025】

今後の TMRヘッドは、高記録密度に対応するため高線密度化が要求されており、最低でも  $1\text{ GHz}$  以上の高周波数において動作することが必要とされる。従って、図4において、カットオフ周波数を  $1\text{ GHz}$  以上とするためには、TMRヘッドの抵抗値は、約  $160\ \Omega$  以下であることが必要となる。

#### 【0026】

前述したように、TMR素子は  $RA$  が大きいほど絶縁破壊電圧改善の点から好ましいが、逆に、カットオフ周波数改善の点からは TMRヘッド全体の抵抗が低い方が望ましい。そこで、これら双方の要求を満足させるために、TMR素子に抵抗体を並列に接続し、TMRヘッドの抵抗値（合成抵抗値） $R_{\text{TOTAL}}$  を  $R_{\text{TOTAL}} \leq 160\ \Omega$  とし、 $RA$  を  $RA \geq 3\ \Omega \cdot \mu\text{m}^2$  としているのである。高記録密度対応の TMR素子の光学トラック幅  $W_{\text{TMR}}$  が  $W_{\text{TMR}} = 0.11\ \mu\text{m}$  以下であり、素子高さ  $W_{\text{H}}$  が  $W_{\text{H}} = 0.11\ \mu\text{m}$  以下であるため、 $RA \geq 3\ \Omega \cdot \mu\text{m}^2$  の場合には、TMR素子自体の抵抗値  $R_{\text{TMR}}$  は、 $R_{\text{TMR}} \geq 240\ \Omega$  となる。

#### 【0027】

図5は、TMR素子自体の抵抗値  $R_{\text{TMR}}$  に対する抵抗体の抵抗値  $R_{\text{PARA}}$  の関係を示している。ただし、カットオフ周波数が  $1\text{ GHz}$  となるために、TMR素子と抵抗体13との合成抵抗値  $R_{\text{TOTAL}}$  が  $R_{\text{TOTAL}} = 160\ \Omega$  の場合である。

#### 【0028】

同図から、 $R_{\text{TMR}} \geq 240\ \Omega$  であり、 $R_{\text{TOTAL}} \leq 160\ \Omega$  の場合、抵抗

体13の抵抗値 $R_{PARA}$ は $480\Omega$ 以下となる。これにより、カットオフ周波数及び絶縁破壊の双方の改善をもたらすことが可能となる。

#### 【0029】

図6は、本発明の他の実施形態におけるTMRヘッドの構成を素子形成面側から概略的に示す立面図である。

#### 【0030】

本実施形態においては、抵抗体63がTMRヘッドに電氣的に接続されているリード導体67及び68間にTMR素子と並列に接続されている。抵抗体をTMR素子の端子電極69及び70間にこのTMR素子と並列に接続してもよいは明らかである。

#### 【0031】

本実施形態におけるその他の構成及び作用効果は図1の実施形態の場合とほぼ同様である。

#### 【0032】

本発明において、TMR素子の構造及び抵抗体の構造は、前述した実施形態のものに限定されるものではなく、他の種々の構造を適用可能であることはいうまでもない。

#### 【0033】

以上述べた実施形態は全て本発明を例示的に示すものであって限定的に示すものではなく、本発明は他の種々の変形態様及び変更態様で実施することができる。従って本発明の範囲は特許請求の範囲及びその均等範囲によってのみ規定されるものである。

#### 【0034】

##### 【発明の効果】

TMRヘッドの使用環境を考慮して製品の信頼性を確保するために、その素子破壊電圧は $300\text{mV}$ 以上必要であるが、 $RA \geq 3\Omega \cdot \mu\text{m}^2$ とすることにより、この要求を満足させることができる。また、 $RTOTAL \leq 160\Omega$ とすることにより、 $1\text{GHz}$ 以上のカットオフ周波数を得ることができる。高記録密度対応のTMR素子の光学トラック幅 $W_{TMR}$ が $W_{TMR} = 0.11\mu\text{m}$ 以下であり

、素子高さ $W_H$ が $W_H = 0.11 \mu m$ 以下であるため、 $RA \geq 3 \Omega \cdot \mu m^2$ の場合、TMR素子の抵抗値は $R_{TMR} \geq 240 \Omega$ となる。この場合、抵抗体の抵抗値 $R_{PARA}$ は $R_{PARA} \leq 480 \Omega$ となる。この条件で並列の抵抗体を設けることにより、TMR素子の静電破壊を防止できかつカットオフ周波数を高めるという互いに相反する要求を満足させることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

本発明の一実施形態におけるTMR素子部分の構成を概略的に示す斜視図である。

##### 【図2】

図1の実施形態のTMR素子の膜構成の一例を示す断面図である。

##### 【図3】

TMR素子自体の抵抗値 $R_{TMR}$ とTMR素子の断面積との積 $RA$ に対するTMR素子の破壊電圧の特性図である。

##### 【図4】

TMR素子と抵抗体との合成抵抗値 $R_{TOTAL}$ に対するTMRヘッドのカットオフ周波数の特性図である。

##### 【図5】

TMR素子自体の抵抗値 $R_{TMR}$ に対する抵抗体の抵抗値 $R_{PARA}$ の特性図である。

##### 【図6】

本発明の他の実施形態におけるTMRヘッドの構成を素子形成面側から概略的に示す立面図である。

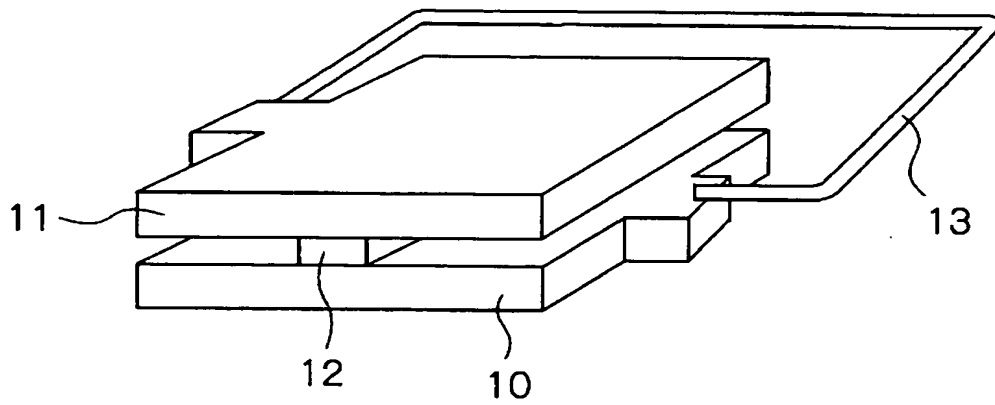
#### 【符号の説明】

- 10 下部電極膜
- 11 上部電極膜
- 12 TMR多層膜
- 12a 下地層
- 12b ピン層

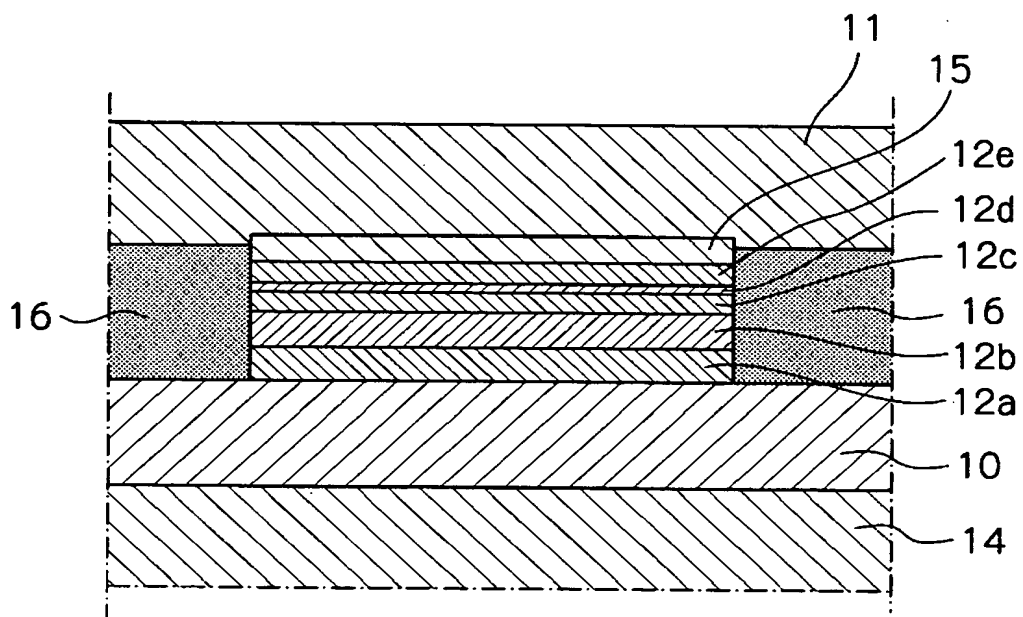
- 1 2 c ピンド層
- 1 2 d トンネルバリア層
- 1 2 e フリー層
- 1 3、6 3 抵抗体
- 1 4、1 6 絶縁膜
- 1 5 キャップ体
- 6 7、6 8 リード導体
- 6 9、7 0 端子電極

【書類名】 図面

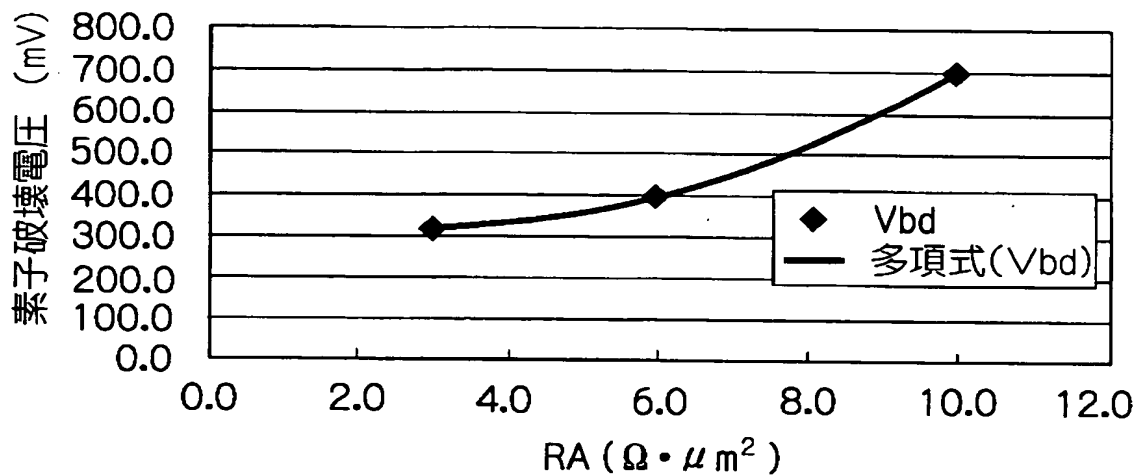
【図 1】



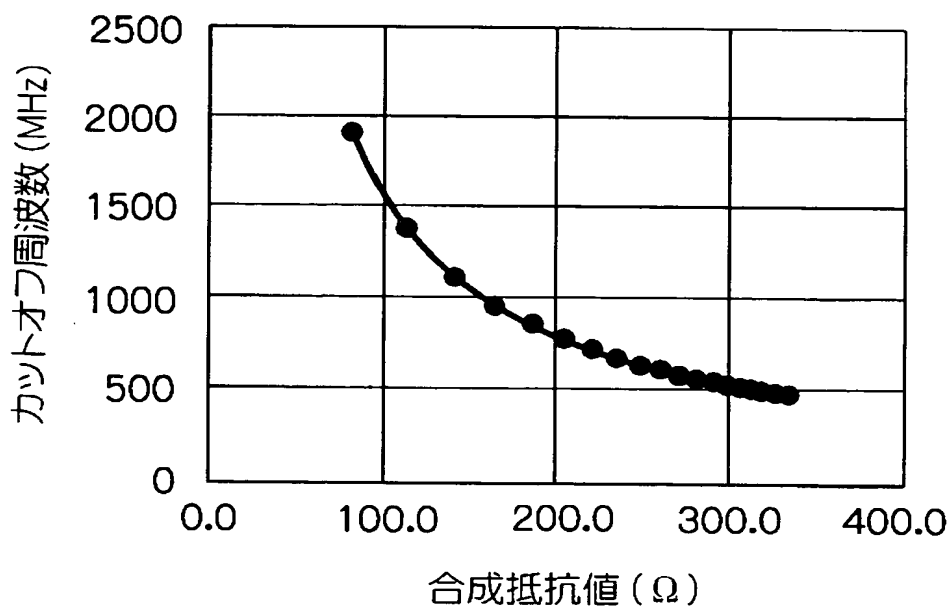
【図 2】



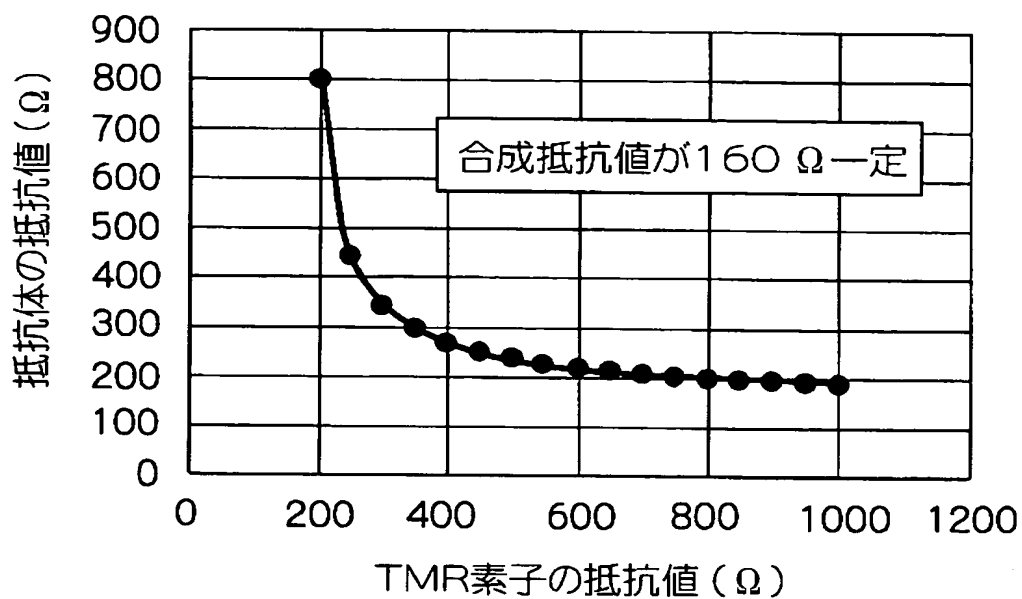
【図 3】



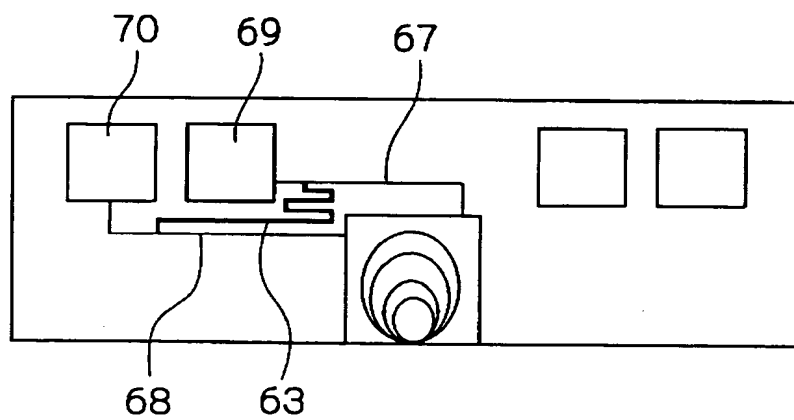
【図 4】



【図 5】



【図 6】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 TMR素子の静電破壊を防止できかつカットオフ周波数を高めること  
ができる薄膜磁気ヘッドを提供する。

【解決手段】 TMR素子と、このTMR素子に並列接続された抵抗体とを備え  
た薄膜磁気ヘッドであって、TMR素子素子の抵抗値 $R_{TMR}$ が $R_{TMR} \geq 240 \Omega$   
であり、TMR素子の抵抗値と断面積との積 $RA$ が $RA \geq 3 \Omega \cdot \mu m^2$ であ  
り、抵抗体の抵抗値 $R_{PARA}$ が $R_{PARA} \leq 480 \Omega$ である。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 3 - 0 2 2 0 0 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 3 0 6 7 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都中央区日本橋 1 丁目 1 3 番 1 号

氏 名

ティーディーケイ株式会社

2. 変更年月日

2 0 0 3 年 6 月 2 7 日

[変更理由]

名称変更

住 所

東京都中央区日本橋 1 丁目 1 3 番 1 号

氏 名

T D K 株式会社